

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 200430014

UDC \_\_\_\_\_

## 学 位 论 文

# 基于网络模拟软件(NS-2)的 IP 网络性能仿真技术研究

Research on IP Internet Network Performance base on  
Network Simulation 2

牛沛琛

指导教师姓名: 张建中 教授

申请学位级别:

专 业 名 称: 无线电物理

论文提交日期: 5 月

论文答辩时间:

学位授予单位: 厦门大学

学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。  
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以  
明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：	日期：	年	月	日
导师签名：	日期：	年	月	日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

随着 Internet 的广为普及, IP 网络的规模日益扩大, 复杂性不断增加。如何进行高效, 科学的网络研究, 如何改善和优化 IP 网络性能、大量的满足用户的需要, 成为摆在人们面前的重要任务。只有在对网络深刻理解的情况下, 才能优化网络资源配置, 改善网络性能, 从而满足网络不断增加的技术需求。而网络仿真技术正是达到这一目的的最佳手段。网络模拟软件 NS-2 以其功能强大, 可扩展性能好等显著优点, 成为网络仿真技术中首选工具之一。

本文介绍了网络模拟软件 NS-2 的结构和原理, 分析了 IP 网络性能参数及其影响因素。在此基础上, 研究和总结了基于 NS-2 模拟软件进行 IP 网络仿真及其性能研究的方案、方法和实验步骤。然后, 建立了基于 NS-2 的 IP 网络仿真 WINDOWS 实验平台和应用程序, 进行仿真实验, 对实验结果进行了研究。

通过仿真实验, 研究和分析了不同网络拓扑结构以及不同网络协议对 IP 网络性能的影响。针对拓扑结构, 设计了星型、总线型、网型和环型四种不同拓扑结构的仿真实验, 模拟网络行为得到网络性能参数, 分析评价四种拓扑结构对 IP 网络的性能影响, 实验结果表明采用不同拓扑类型会获得不同的 IP 网络性能参数, 网络规划时拓扑类型要根据实际服务的需要来选择。针对网络协议, 设计 TCP 协议和 UDP 协议的网络传输仿真实验, 分析评价两种不同协议对 IP 网络性能的影响, 并在实验中观察 TCP 传输的全局同步现象和分析影响全局同步现象的因素。实验结果表明 UDP 协议拥有更高的传输效率, TCP 协议拥有更高的可靠性, 但是同链路的多线 TCP 传输会造成网络拥塞, 影响 IP 网络的性能。

**关键词:** 网络仿真、NS-2、IP 网络性能

## ABSTRACT

With the development and popularization of Internet, the scale of IP network grow fast and it becomes more and more complexity. A more efficient method to study network and a new way to improve and optimize IP network' s performance for people' s growing needed become a great challenge to researchers. Network simulation technique is the key method to measure and understand network. NS-2 is one of the most popular softwares which can be used in network simulation for its powerful function and friendly develop environment.

This paper introduced the structure and principle of NS2, as well as the performance study on IP network. Through carefully analyze, we designed the IP network performance and protocols research experiment project with simulation model based on NS2.

Base on two experiment, we study and analyze different kinds of topologic structures and protocols' impact on IP network . This paper designed four experiment projects for each of topologic structures, the performance parameter and simulation result are got and we make some conclusion for the performance impact of different topologic structures. The experiment result prove that the IP network will got different network performance whith different different kinds of topologic structures. We should choose a appropriate topologic structure when we project a new IP network. We also designed network transmission experiment based on TCP protocol and UDP protocol and analyze the effect on IP network performance depend on the 2 difference protocol. As global sync phenomenon may occur during TCP transmission and this phenomenon will cause network congestion to bring bad influence for network performance. This paper also designed project to observe global sync phenomenon, and analyze the factor which cause this phenomenon and its



impact to network' s performance. The experiment result prove that two protocols had different characters. UDP protocol has higher efficiency and TCP protocol is more credible. But if there are more than one TCP transfers on one link, the IP network performance will be debased.

**KEYS:** Network simulation、NS-2、IP network performance

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目 录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 引言	1
1.2 网络性能研究技术概述	2
1.2.1 网络性能分析的方法	2
1.2.2 IP 网络性能研究概述	3
1.3 网络仿真技术研究概况	4
1.3.1 网络仿真技术简介	4
1.3.2 网络仿真技术研究概况	7
1.3.3 国内外 NS-2 研究概况	10
1.4 论文研究意义和主要工作	11
<b>第二章 网络模拟软件 NS-2</b>	<b>15</b>
2.1 NS-2 的原理和结构	15
2.1.1 NS-2 的原理	15
2.1.2 NS-2 的结构	15
2.1.3 NS-2 的类结构	17
2.1.4 NS-2 的原码目录结构	18
2.2 TCL 语言介绍	19
2.2.1 Tcl 语言简介	19
2.2.2 基本命令格式	19
2.2.3 变量和数组	20
2.2.4 数学运算	21
2.2.5 组合和替代	21
2.2.6 特殊字符	22
2.2.7 Tcl 语法	23
2.3 Otcl 语言	24
2.3.1 类和对象的定义	24
2.3.2 成员变量和成员函数	24
2.3.3 继承	24
2.3.4 类与对象的常用命令	25
2.4 NS 中 Otcl 与 C++ 的互联	27
2.5 NS 的网络组件	30
2.6 NS 的仿真流程	33
2.7 本章小结	34
<b>第三章 IP 网络及其性能指标</b>	<b>35</b>
3.1 IP 网络与 IP 网络性能参数	35
3.1.1 IP 网络介绍	35
3.1.2 IP 网络的性能分析	37
3.1.3 IETF 对网络性能参数的定义	38
3.1.4 ITU-T 对网络性能性能参数的定义	39

3. 1. 5 性能参数的选取.....	42
<b>3. 2 影响 IP 网络性能的因素 .....</b>	<b>42</b>
3. 2. 1 网络拓扑类型的影响.....	42
3. 2. 2 协议的影响.....	45
3. 2. 3 其他因素的影响.....	46
<b>3. 3 本章小结 .....</b>	<b>47</b>
<b>第四章 基于 NS-2 网络仿真的 IP 网络性能分析方法.....</b>	<b>48</b>
<b>4. 1 基于网络仿真技术的网络性能分析步骤 .....</b>	<b>48</b>
<b>4. 2 网络性能拓扑模型的建立 .....</b>	<b>48</b>
4. 2. 1 性能模型建立前的合理假设.....	48
4. 2. 2 网络性能模型的建立.....	49
<b>4. 3 网络性能测量方法 .....</b>	<b>50</b>
4. 3. 1 网络性能测量方法的分类.....	50
4. 3. 2 常见网络性能测量方法.....	51
<b>4. 4 网络性能分析 NS 仿真实验设计 .....</b>	<b>51</b>
4. 4. 1 性能参数的选择.....	51
4. 4. 2 网络拓扑结构仿真实验的原理和建模.....	52
4. 4. 3 网络传输协议仿真实验的原理和建模.....	53
<b>4. 5 仿真实验结果处理方法 .....</b>	<b>55</b>
4. 5. 1 NS 仿真实验结果输出 .....	55
4. 5. 2 仿真结果处理工具.....	56
<b>4. 6 本章小结 .....</b>	<b>58</b>
<b>第五章 仿真实验及结果分析.....</b>	<b>59</b>
<b>5. 1 网络拓扑模型实验 .....</b>	<b>59</b>
5. 1. 1 仿真环境.....	59
5. 1. 2 实验概述.....	59
5. 1. 3 仿真实验脚本.....	59
5. 1. 4 仿真过程可视化.....	63
5. 1. 5 网络性能参数的获取.....	65
5. 1. 6 仿真结果分析.....	67
5. 1. 7 不同拓扑结构网络性能综合评价.....	71
<b>5. 2 传输协议模型仿真实验 .....</b>	<b>72</b>
5. 2. 1 仿真环境.....	72
5. 2. 2 实验概述.....	73
5. 2. 3 NS 仿真脚本 .....	73
5. 2. 4 仿真过程可视化.....	75
5. 2. 5 仿真结果分析.....	76
5. 2. 6 评价分析 .....	78
<b>5. 3 本章小结 .....</b>	<b>78</b>
<b>第六章 总结.....</b>	<b>79</b>
致谢语 .....	81

## Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1. 1 Foreword .....	1
1. 2 Network performance research introduction .....	2
1. 3 Network stimulation Introduction .....	4
1. 4 The primary work and meaning of this paper .....	11
Chapter 2 Network simulation 2.....	15
2. 1 The elements and the configuration of ns-2 .....	15
2. 2 TCL Introduction .....	19
2. 3 Otcl Introduction .....	24
2. 4 Connect Otcl and c++ in Ns .....	27
2. 5 Network discreteness of NS .....	30
2. 6 The flow of NS stimulation .....	33
2. 7 Summary .....	34
Chapter 3 IP inetwork and capability parameter.....	35
3. 1 IP network and capability parameter .....	35
3. 2 The influencing complication of network capability .....	42
3. 3 Summary .....	47
chapter 4 The research of IP internet with NS-2.....	48
4. 1 Introduction of the process .....	48
4. 2 Build the model .....	48
4. 3 The measure method .....	50
4. 4 Design two experiment .....	51
4. 5 Deal with the experiment result .....	55
4. 6 Summary .....	58
Chapter 5 The experiment and analyse.....	59
5. 1 The experiment of different topology .....	59
5. 2 The experiment of different protocol .....	72
5. 3 Summary .....	78
Chapter 6 Bibliography.....	79

## 第一章 绪论

### 1.1 引言

Internet 网络在近几年的发展速度可以用突飞猛进来形容,网络越来越深入到我们每个人的生活当中。IP 网络技术的研究工作得到越来越多国家和个人的注意,网络技术在不断发展创新,比如 ATM、帧中继等技术的应用, TCP/IP 协议等技术的发展。伴随着技术的发展, IP 网络业务也从传统的向着多元化发展,如语音 VOIP 业务,实时视频业务,虚拟专用网 VPN 等等。

随着互联网络应用的广为普及,网络的规模日益扩大,复杂性不断增加,网络的异构性越来越高。伴随着网络技术的发展,一方面需要对已有的网络硬件设备进行合理的应用,进行系统化的网络规划与设计,解决由于网络复杂性带来的问题;另一方面还需要不停的改进原有的网络协议和算法,进行新协议和新算法的开发,以提高 IP 网络的基本应用技术。而 IP 网络的性能分析是达到以上两方面目标的重要手段,对 IP 网络性能进行分析、评价,获得网络性能的总体情况,不仅可以有效的评估、鉴定和优化一个现有网络,而且可以作为一个待建网络的规划参考。规划网络是 IP 网络建设的关键,在网络建立之前,进行网络性能的分析与评价,从而指导网络建设工作。例如根据用户的业务特点,选择相应的拓扑结构,根据网络性能评价,分析网络可能受到哪些限制、扩充的余地还有多大等等,这些都需要有充足的理论分析和针对性的实验来验证。

网络仿真是 IP 网络性能分析的一个重要手段,应用网络仿真技术,可以在网络建设之前就虚拟出网络的运行环境,模拟网络行为,观察网络现象,获取网络性能,结合相应的理论分析做出综合测评等等。将网络仿真技术应用到 IP 网络性能分析当中,具有重要的意义。

网络模拟软件 NS-2 逐渐在国际上流行开来, NS-2 以其源码公开,功能强大等多方面优点,受到越来越多的网络工作者的青睐。使用 NS 进行 IP 网络性能分析,可以有效的完成一般仿真工作需求,例如模拟 IP 网络行为,

观察 IP 网络传输现象, 研究 IP 网络协议, 获取特定的网络性能参数。同时内置可视化工具, 将网络行为模拟过程利用动画的形式展现出来, 配合第三方的数据处理工具和绘图工具, 获取 IP 网络性能参数, 直观的表现性能参数统计结果。所以本文选择 NS-2.30 作为仿真工具[1], 进行 IP 网络性能分析的仿真实验, 研究不同拓扑类型和不同传输协议对网络性能的影响, 分析 IP 网络性能。

## 1. 2 网络性能研究技术概述

### 1. 2. 1 网络性能分析的方法

进行网络性能分析的方法可以分为三类, 包括分析方法, 实验方法和模拟方法。

分析方法: 分析方法又包括模型分析和协议分析。模型分析是对网络模型和网络结构方面的分析, 协议分析是对网络中各种传输协议、控制协议等协议进行分析。通用表达式、集合论、概率论、随机过程论和排队论等数学工具在分析方法中有着广泛的应用。特别是排队论, 是进行网络性能分析的有力武器, 因为一个网络系统往往可以等价为一个排队系统。只要得到了每一个性能指标的量度与其他量度及影响因素之间的数学表达式, 那么整个网络的性能就可以准确地把握了。这对于网络的设计、优化具有重要的意义。分析前需要为网络建立适当的数学模型, 把一个实际的网络抽象成一个理论上的相对简单又能真实反映网络情况的模型。建立模型的过程中必须做一些合理的假设, 否则建模是很困难的, 且假设不能太多、太牵强, 这样会使模型失去实际意义, 而且即使建立了模型, 分析过程也是非常复杂, 需要拥有较丰富的建模经验, 专业的数学知识和分析知识。

实验方法: 直接使用已有软件或专用硬件设备, 在实际的网络上实现对网络协议、网络行为和网络性能的研究, 并对网络进行动态数据的收集和统计分析。根据实验规模又可以细分为网络实验床(testbed)和实验室测试网, 根据实验范围可以划分为实际网络、小规模试验网。实验方法得到的结果清晰明了, 准确度高。相应的网络性能分析准确可信, 参考价值

最大。但是实验方法需要大量的网络设备提供实验环境，成本造价高。而且对于较大型网络，搭建实验网络的工程难度和开销太大，这种情况下就不适合利用实验方法进行网络性能的研究。

仿真方法：在虚拟网络实验床（Virtual network testbed）上对所研究的对象和所依存的网络系统进行初步分析。研究者选用已有的或者自己编写的仿真软件，设计一个实际的或理论的网络仿真模型，在计算机上运行这个模型，并模拟网络行为，分析运行的输出结果。仿真方法很灵活，可以根据需求设计所需的网络模型，用相对很少的时间和费用了解网络在不同条件下的各种特性，获取网络研究的有效数据，从而选出最佳方案，而不必去构造实际的系统。仿真方法具有局限性，网络的实际情况往往是不可预知具有突发性，仿真方法受软硬件资源的限制，集中于对已知的可能进行仿真推断，而对未知变化的判断能力差，无法同时展现现实网络的全部特性。

三种方法相辅相成，各自有不同的侧重点。分析方法适用于早期研究与设计阶段，对新算法和新技术进行理论准备和验证，除了人力和知识，几乎不需要什么额外成本；实验方法是网络和系统在投入实际使用前的一次系统的演练，能够发现网络设计与用户需求之间的相合度以及检验网络实际使用的效用和性能。该阶段建设成本很高，要求技术和设备开发相对成熟，网络系统基本成型，一般主要是针对业务和系统稳定性和服务性能的检验；而网络仿真阶段可以说是理论方法和实验方法的中间阶段，它可以对新协议进行初步实现和验证，并有利于及时调整和改进，这个阶段，由于采用计算机软件进行仿真，使得很多研究人员能够研究大规模网络和学习新协议新算法的设计和实现。并且能够在实用前对其进行检验和改进，此外，他还可以在各種新老系统和算法之间进行比较而不必花费巨资去建立多个实际系统。所以基于仿真技术的网络性能分析是网络研究中非常重要的一种方法。

### 1. 2. 2 IP 网络性能研究概述

目前，对 IP 网络性能的研究主要有两个方面：一是网络性能保证技术的研究，如综合服务（Integrated Services, IntServ）[2]、区分服务

(Differentiated Services, DiffServ) [3], 以及可以为因特网提供流量工程的多协议标记交换 (Multiprotocol Label Switch, MPLS) 技术 [4] 等; 二是对网络性能分析方法的研究。国内对网络性能分析的研究还属于起步期, 中科院的研究人员从不同角度对 IP 网络的性能指标进行了综合分析, 提出一套系统的指标体系、并进行了形式描述、引入了泛化指标和确定性指标的概念。在使用测量法的进行网络性能研究方面进行了一些理论研究 [5] [6], 总结了网络性能研究的方法和基础。而使用计算机仿真法的网络性能研究在国内还比较少见, 文献 [7] 中利用网络仿真技术进行了 Multicasting 网络性能的研究, 也有利用仿真技术进行局域网性能的研究 [8], 但是总体来说, 国内相关研究还很少, 缺乏有说服力的研究成果或文献。随着网络仿真技术的发展和完善, 计算机仿真法在网络性能分析研究中逐渐成为主流研究方法, 本文从实际应用的角度出发, 利用模拟软件 NS-2 对 IP 网络性能体系指标、测量方法及影响因素进行了研究。

### 1. 3 网络仿真技术研究概况

#### 1. 3. 1 网络仿真技术简介

网络仿真技术就是应用仿真方法对现有网络或待建网络在计算机上进行虚拟仿真的技术。利用数学建模和统计方法模拟网络行为, 从而获得特定网络参数。网络仿真获取的网络特性参数包括网络全局性能统计量、网络节点的性能统计量、网络链路的流量和延迟等, 由此既可以获取某些业务层的统计数据, 也可以得到协议内部的某些特殊的参数的统计结果。从而使研究人员通过计算机的仿真就可以了解掌握网络的性能和参数。

##### 1 网络仿真的目的

网络仿真是网络性能分析的重要手段之一, 实际上, 网络仿真的目的不仅如此。

网络仿真的目的主要有:

- (1) 学习: 学习协议和算法的实现, 包括它们的行为和性能。
- (2) 测试: 对未实现和未投入实际应用的协议和算法进行测试。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库